УДК 595.422/591.53

С. Г. Погребняк, Л. А. Колодочка

ВЫЖИВАЕМОСТЬ ГОЛОДАЮЩИХ КЛЕЩЕЙ-ФИТОСЕЙИД AMBLYSEIUS LONGISPINOSUS

В последнее время клещи-фитосейиды подвергаются активному изучению в связи с тем, что некоторые из них используются как агенты биологической борьбы с вредителями растений, в частности, с паутинными клещами, либо перспективны для такого использования. Углублённое исследование акарифага в режиме голодания и установление закономерностей этого процесса позволяют определить примерные сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения вредителем, а также установить наиболее существенные моменты в динамике процесса гибели клещей при отсутствии пищи.

В литературе сведения о выживании клещей при голодании немногочисленны. Как правило, данные такого рода получали при изучении других экологических характеристик. Репкина (1981) считала гибель при голодании основным фактором снижения численности иксодовых клещей *Ixodes persulcatus* в летне-осенний период и привела зависимость количества клещей на участке от времени. При этом основным вопросом исследования был физиологический возраст клещей в популяции, а данные о динамике выживания голодающих клещей не были обработаны. Джонс (Jones, 1950) судил о воздействии на краснотелковых клещей *Trombicula autumnalis* дефицита влажности (как факторе смертности при различной относительной влажности воздуха) по среднему времени, необходимому для полной гибели особей в эксперименте. Однако сам процесс голодовки не был изучен. Известны две статьи, освещающие изучение голодовки клещей семейства Phytoseiidae. Мори и Чэнт (Mori, Chant, 1966) определили среднюю длительность жизни голодающих клещей *Phytoseiulus persimilis* при трех вариантах опыта: а) с доступной для питья водой, б) без доступной воды при высокой влажности воздуха (85—90 %), в) без доступной воды при низкой влажности воздуха (42 %). По результатам опытов был сделан вывод о важном значении доступной для питья воды для выживания клещей при голодании. Колодочка, Лысая (1976) провели аналогичные работы и использовали методы математической статистики для обработки результатов. На основании полученных данных авторы отрицали влияние доступной для питья воды на длительность жизни голодающих клещей *P. persimilis* и *Amblyseius andersoni*, а также установили положительное влияние ее на сроки выживания клещей *A. reductus*.

Для наших опытов были использованы хорошо напитанные яйцекладущие самки клещей *Amblyseius longispinosus* (Evans), взятые непосредственно из лабораторной культуры. Акарифагов содержали на молодых растениях фасоли совместно с паутинными клещами *Tetranychus urticae*, служившими хищникам пищей. Опыты проводились по опубликованной ранее методике (Колодочка, Лысая, 1976) с некоторыми изменениями. Клещей в опыте содержали индивидуально в пластиковых трубках диаметром 1,8 мм и длиной 50 мм. Для поддержания высокой влажности воздуха в трубку на 1/5 ее длины вводили фитиль из плотной бумаги. Клещи находились между двумя ватными тампонами и доступа к воде не имели. Трубки устанавливали в перфорированный столик с подклееным снизу поролоном. Столик помещали в чашку Петри с водой. Опыт проводили в неосвещенном термостате при 26, 28, 30, 32, 34, 36 °С. Количество погибших клещей подсчитывали ежедневно.

A. longispinosus, как и большинство фитосейид, каннибал. В начале опыта некоторые самки успевали отложить 1—2 яйца. Вышедших из этих яиц личинок они съедали. Как было установлено в дальнейшем, корреляции между таким дополнительным питанием и длительностью жизни самки не наблюдается.

Таблица 1. Выживаемость клещей в эксперименте, %

Время, сутки	Температура, °С					
	26	28	30	32	34	36
0	100	100	100	100	100	100
1	100	100	100	100	100	98
2	98,9	99	99	92,9	98,9	98
3	96,7	95	99	87,9	92,6	97
4	96,7	93	93 8	83,8	84	95
5	95,7	83	84,5	77,8	67	57
6	95,7	69	67	50,5	25,5	17
7	92,4	53	22,7	15,2	10,6	4
8	91,3	34	10,3	6,1	1,1	0
9	79,3	20	3,1	2,0	1,1	
10	60,9	10	2,1	1	0	
11	40,2	3	1	0		
12	21,7	1	1			
13	15,2	1	0			
14	4,3	0				
15	2,2					
16	0					

Таблица 2. Температуры, рассчитанные для уровней равной выживаемости, °С

Сутки:	Выживаемость, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
3									*
4							*	*	32,7
5					*	*	36,7	32,2	28,2
6		*	*	*	34,0	31,7	29,7	28,1	26,6
7	*	33,5	31,5	30,1	29,0	28,1	27,3	26,7	26,1
8	31,1	29,5	28,5	27,8	27,3	26,9	26,5	26,2	*
9	28,9	27,9	27,4	26 9	26,6	26,4	26,2	26,0	
10	27,9	27,2	26,8	26,6	26,3	26,1	*	*	
11	27,4	26,8	26,4	26,2	26,0	*			
12	26,8	26,3	26,0	*	*				
13	26,2	*	*						
14	*								

Основой для математической обработки данных послужила зависимость выживаемости клещей (S) от двух факторов: времени (Т) и температуры (t) (табл. 1). Для этой зависимости разрабатывали аппроксимационную функцию, которую использовали для интерполяции и построения изоморталей, а также исследовали ее производные. Разработка аппроксимационной функции проходила в два этапа. На первом этапе была описана зависимость S=f(T) при t=const с помощью функции S=100/(1+exp(A*exp(B*exp(C*T))—10)). Для определения коэффициентов уравнения проводили преобразование ln(ln(100/S—1)+10)= =ln A+B*exp(C*T) и подбирали значение коэффициента С таким, чтобы при реализации метода наименьших квадратов для V=ln A+ +B*U, где V=ln(ln(100/S—1)+10), U=exp(C*T), ошибка уравнения была минимальной m(V, U)=min. Метод расчетов коэффициентов был реализован на языке БЕЙСИК. Логистическая кривая, полученная для температуры 26 °С, была принята базисной для второго этапа из соображений упрощения разработки аппроксимационной функции. На втором этапе был выделен показатель, характеризующий динамику изменения базисной кривой при изменении температуры — тангенс угла наклона логарифмированного отношения текущей величины выживания к базисной. Этот показатель удалось аппроксимировать логистической функцией с линейной степенью при основании натурального логарифма. После этого аппроксимационная функция приняла свой окончательный вид S=

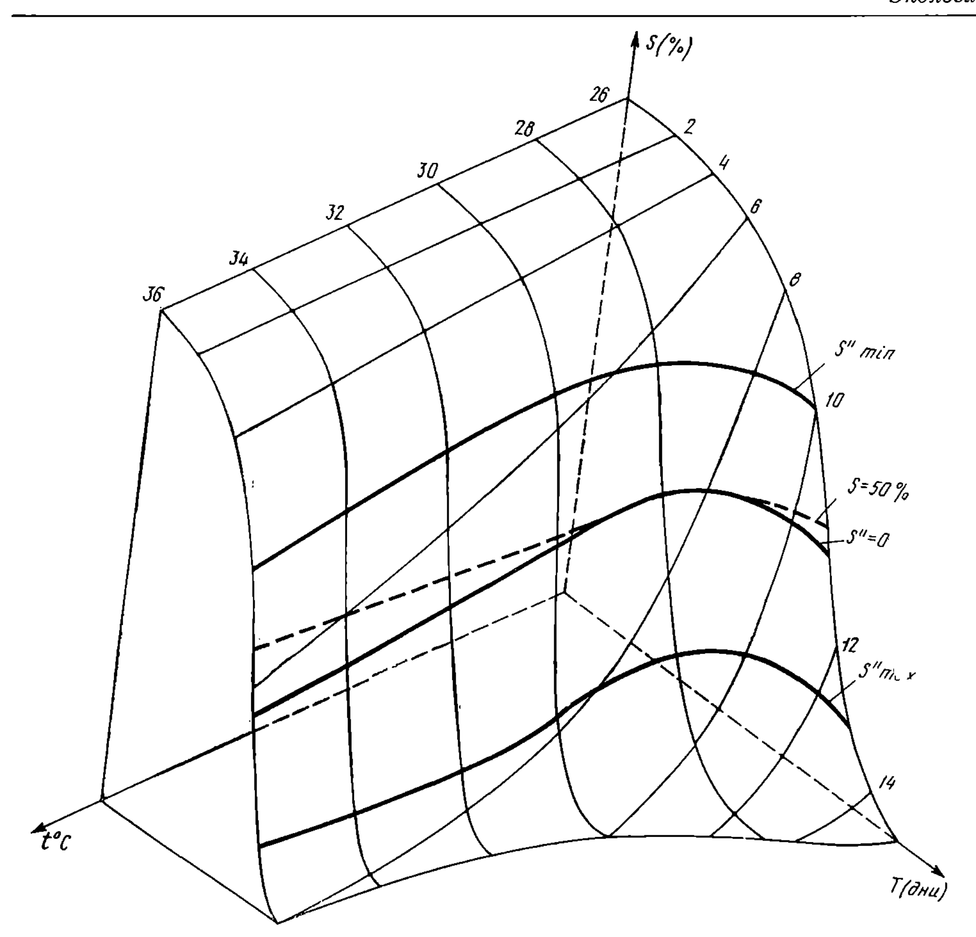
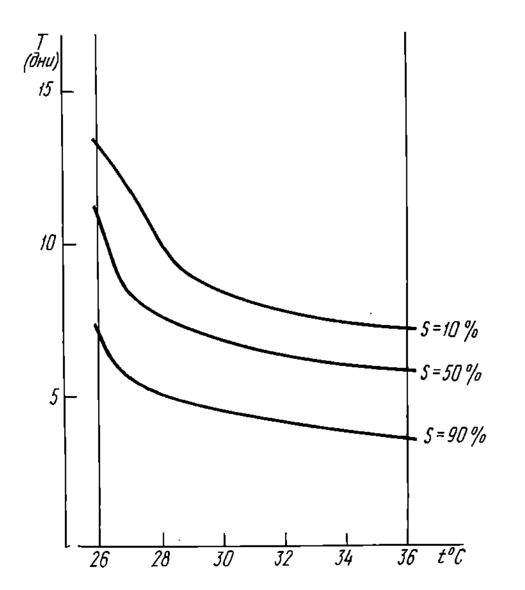


Рис. 1. Аппроксимационная поверхность и линии экстремумов второй частной производной по времени (S — выживаемость, T — время, t — температура).

=100∗exp(tg(1—exp(4/(1+exp(D∗T+E))))(t—26))/(1+exp(A∗exp(B∗exp(C∗T))—10)). Ошибка (дисперсия) уравнения, рассчитана по формуле M=SQR((S—S′)/(N—n)), где S′ — теоретические значения выживаемости, N — количество точек, использованных для расчета коэффициентов, n — количество коэффициентов уравнения. Ошибка уравнения составляет 6,95 %. Коэффициенты принимают значение: A=2,36859 B=0,80907 C=0,0529 D=—0,81751873 E=5,1932192. Поверхность, описывающая зависимость выживания от времени и температуры, показана на рис. 1. Поверхность представляет собой S-образную «горку», которая увеличивает свою крутизну в области более высоких температур. На основании аппроксимационной функции проведен перерасчет t по S и T и получены уровни одинаковой выживаемости (табл. 2, рис. 2). Обращает на себя внимание уменьшение наклона изоморталей в интервале 30—36 °C, что свидетельствует о наличии адаптации у данного вида к переживанию повышенных температур. В интервале изучаемых температур на изменение уровней выживания клещей наиболее существенно воздействует температура около 28 °C. При температуре 26 °C вновь наблюдается тенденция к уменьшению воздействия температуры на выживание голодающих клещей. Для более подробного изучения воздействия фактора времени на выживаемость были выявлены максимумы и минимумы второй частной производной по времени, а также установлены точки, где она равна нулю. Для всех экстремальных точек были рассчитаны значения функции и первой частной производной по времени. Результа-



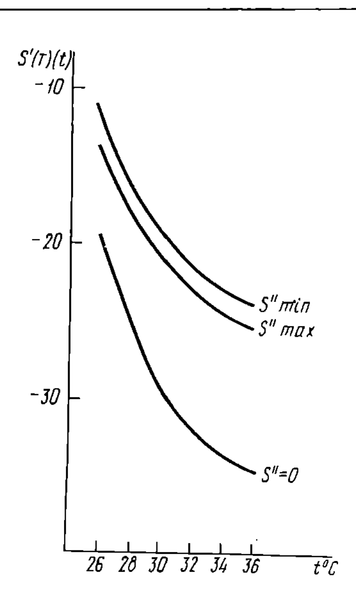


Рис. 2. Основные уровни равной выживаемости.

Рис. 3. Изменение величин первой производной в точках, критических для второй производной.

ты приведены в табл. 3. Вторая производная была рассчитана численным методом по формуле, полученной почленным дифференцированием интерполяционной формулы Ньютона-1, состоящей из семи членов. Метод реализован на языке БЕЙСИК. Первую производную получали прямым расчетом, принимая dx=1E—3 в формуле y′=dy/dx. Линия на которой S″(T)=0 — это место перегиба аппроксимационной поверхности. На этой линии скорость гибели клещей максимальна для каждой конкретной температуры. Линия перегиба поверхности лежит ниже уровня S=50 %. Линии экстремальных значений второй производной отсекают полосу, в которой скорость гибели клещей принимает наибольшие зна-

Таблица 3. Экстремальные точки второй частной производной по времени (S″(T) (t) % в сутки²) для некоторых температур и значения функции (S(T, t) %) и первой частной производной (S′(1) (t) % в сутки) в этих точках

t °C	T, сутки	S(T, t)	S′ (T) (t)	S″(T) (t)
26	9,8	68,64	—14,25	—5,30
	11,3	42,28	—19,57	0
	13,0	13,68	—11,9	7,09
28	6,3	75,6	—17,58	—10,35
	7,4	61,36	—24,54	0
	8,6	25,25	—17,09	9,48
30	5,8	72,93	—20,43	—13,26
	6,9	47,77	—29,92	0
	7,9	17,81	—19,49	15,58
32	5,6	68,95	—23,32	—14,86
	6,5	42,96	—32,40	0
	7,5	14,70	—20,46	19,74
34	5,4	67,14	—23,53	—15,58
	6,3	39,90	—33,73	0
	7,2	14,59	—22,53	22,86
36	5,3	64,18	—26,27	—16,54
	6,2	37,38	—34,45	0
	6,9	14,43	—23,81	25,02

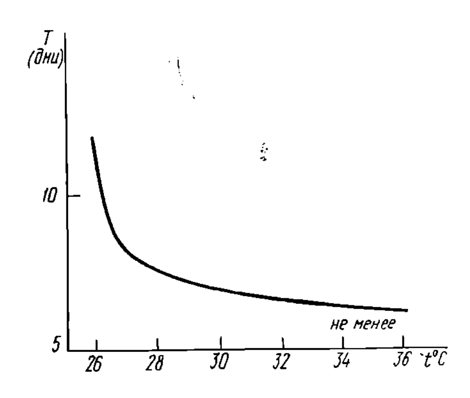


Рис. 4. Гарантированные сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения вредителем.

чения. Эта полоса также смещена ниже 50 % уровня выживания (рис. 1). Такие результаты свидетельствуют о том, что у клещей существует адаптация к отсутствию пищи на определенном начальном отрезке времени, по истечении которого адаптационные механизмы перестают действовать, и скорость гибели клещей увеличивается. Первая частная производная по времени (скорость гибели клещей) изменяется нелинейно с ростом температуры, как это представлено на рис. 3. Это также свидетельствует о наличии у исследуемых клещей адаптации к существованию при повышенных (30—36 °С) температурах. Исходя из полученных данных о траектории экстремума первой производной по поверхности аппроксимационной функции, были рассчитаны сроки защищенности агрокультуры от повторного заражения паутинными клещами после уничтожения последних. При 26 °С они составляют не менее 11,3 суток, при 28 °С —7,4; при 30 °С — 6,9; при 32 °С — 6,5; при 34 °С — 6,3; при 36 °С — 6,2 суток (рис. 4).

Таким образом, в результате проведенных исследований получена функция, хорошо отражающая зависимость выживания голодающих хищных клещей *Amblyseius longispinosus* от двух факторов — температуры и времени. На основании анализа функции сделаны выводы о приспособленности данного вида к повышенным (30—36 °С) температурам, а также о том, что существуют механизмы, сдерживающие отрицательное воздействие голодовки на ее начальном отрезке времени. Критические линии аппроксимационной поверхности использованы для определения гарантированных сроков защищенности агрокультуры от повторного заражения паутинными клещами.

Колодочка Л. А., Лысая Е. А. Выживаемость голодающих хищных клещей-фитосейид Phytoseiulus persimilis, Amblyseius andersoni, Amblyseius reductus (Parasitiformes, Phytoseiidae) // Вестн. зоологии.— 1976.— № 3.— С. 88—90.

Репкина Л. В. Динамика расходования голодными иксодовыми клещами запасных питательных веществ и взаимосвязь этого процесса с популяционно-экологическими особенностями иксодид: Автореф. ... канд. биол. наук.— М., 1981.— 23 с.

Jones B. M. The sensory physiology of the harvest mite Trombicula autumnalis Shaw.// J. Exper. Biol.— 1950.— 27.— P. 461—494.

Mori H., Chant D. A. The influence of humidity on the activity of Phytoseiulus persimilis Athias-Henriout and its prey. Tetranychus urticae (C. L. Coch) (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae) // Can. J. Zool.— 1966.— 44.— P. 863—871.

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена
АН УССР (Киев)

Получено 27.06.88

УДК 597.154.343

Л. И. Гроня, И. Ф. Мишутина, Б. В. Солуха

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ САМЦОВ ГУППИ В ПОЛЯХ ХИМИЧЕСКИХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ

Восприятие химических раздражителей играет существенную роль в обеспечении таких видов поведения рыб, как половое, оборонительное, пищевое. Например, ухаживание и нерест у ряда видов стимулируется не только зрительными и звуковыми сигналами, но и химическими. При этом повреждение обонятельного эпителия исключает